土壤肥力及植體營養診斷技術

莊浚釗
行政院農業委員會桃園區農業改良場

前　言

本場土壤肥料研究室辦理作物營養診斷與施肥推薦服務，其目的是解決栽培過程中發生的營養問題，藉由化學分析讓農民更瞭解自己土壤的特性，採取必要的措施來改善土壤環境，達到生產高品質蔬果、提高農民收益之功效。目前本場營養診斷服務項目包括土壤、灌溉水、植體、介質和堆肥等，分析項目也隨時代趨勢增加多項重金屬檢測，且可經上網路查詢分析結果，改善過去以郵寄方式造成資料遺失等問題。

採樣時期及方法

一、一般作物（水稻、蔬菜、雜糧、花卉）土壤採樣

(一)採樣工具：移植鏝，塑膠盆或桶，塑膠袋。

(二)採樣時間：前作物採收後或後作物種植施肥前一個月（每 2-3 年進行一次即可）。

(三)採樣深度：採取表土層 0-15 公分。

(四)採樣方法：

1.採樣位置：勿在田埂邊沿，堆廄肥或草堆放置所，或菇舍、農舍、畜舍附近等特殊位置採取。採樣點之選取如圖 1。

2.採取方法：採樣點選好後，除去土表作物殘株或雜草，用土鏟或移植鏝將表土掘成V形空穴，深約 15 公分，取出約 1.5 公分厚，上下齊寬的土片（如圖 2）。

3.混合樣本：由前述每點所採土樣，稱為小樣本，每單位面積至少十點以上，將此等小樣本，置於塑膠盆或桶中，充分混合均勻後稱為混合樣本取約 500 克，裝於塑膠袋中。

4.土壤標示：每一混合樣本，裝入塑膠袋後，袋上必須註明(奇異筆書寫)農戶姓名，住址電話號碼，後作物種類，採樣日期等。樣本盡速送改良場分析，無法當天送者請將土樣置於室內通風處陰乾，千萬不可在太陽底下曝曬。

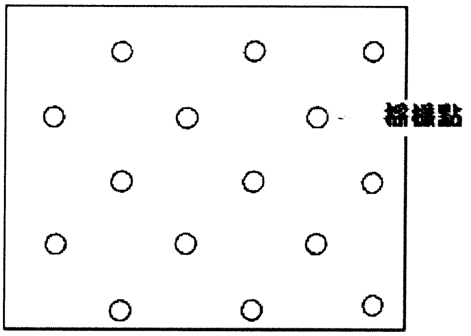


圖1. 採樣位置

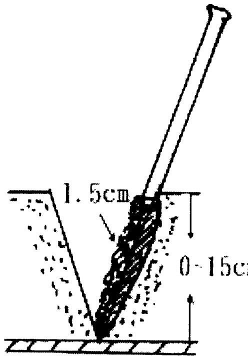


圖2. 採樣方法

二、植體採樣：

(一)蔬菜類：

1. 採樣時機：作物發生營養障礙異常徵狀。
2. 採樣部位：以全株採樣為原則，較容易判斷病因，無法採取全株則採異常部位。
3. 採樣數量：異常部位總鮮重 200 公克以上。
4. 對照組：同時採取正常植株為對照參考，以同齡植株（葉片）較具參考價值。
5. 送驗時間：因植體易萎凋，採樣後立即送驗，送驗途中儘量保持樣品新鮮度。

三、果園土壤採樣方法

1.採樣工具：土鏟或移植鏝，塑膠盆或桶，塑膠袋，紙盒及土壤資料表。

2.採樣時間：在前作收穫前後，或下作施肥整地種植前一個月農戶自行採樣。

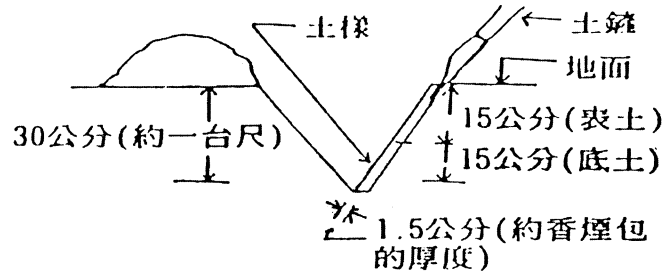
3.採樣深度：採取表土層0-15公分，底土層15-30公分(圖3)。

4.採樣方法：

(1)採樣位置：勿在果園邊沿，堆廄肥或草堆放置處所，或菇舍、農舍、畜舍附近等特殊位置採取，如屬平地果園，其大小約0.1公頃，可採取5-10點。

(2)採取方法：除去土表作物殘株或蒿桿，用土鏟或移植鏝將表土掘成V形空穴，深約30公分，取出約1.5公分厚，上下齊寬的土片。

(3)混合樣本：由前述每點所採土樣，稱為小樣本，將此等小樣本，置于塑膠盆或桶中，分混合均勻後稱為混合樣本，約取出600公克,先裝于塑膠袋中用橡皮筋紮緊。



四、果園葉片採樣方法

(一) 採取方法：依"U" 型採取法，採樣者順著"U"字型行走果園,選定左右兩邊代表性的果樹採取葉片(圖4)。

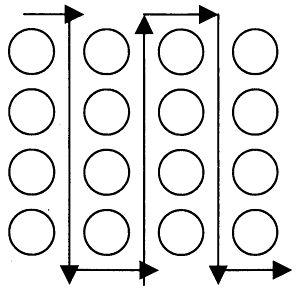


圖4.葉片採樣

(二)採樣時期：

（1）柑橘：八月下旬至九月上旬，採不結果枝及分枝之春梢枝條頂端，生長 5~7 個月的葉片。

（2）梨：平地三至四月，山地四至五月，採短果枝新成熟葉約 100 片。

（3）葡萄：三至四月（萌芽後 30~40 天）或八至九月（萌芽後 22~28 天），約 50 %開花，採選留果穗後，第二葉選結果枝條葉片數有 10~14 片者，每個果園 50 片。

（4）枇杷：七至九月花芽分化期及一至二月果實生育中期，採當年生結果枝成熟葉片。

（5）楊桃：七月間採當年生非結果枝成熟葉片。

（6）芒果：二月上旬至三月上旬盛花期，採最近成熟之頂梢中段葉片（此枝條不開花且尚未萌發新梢）。

（7）蓮霧：八至九月上旬及吊鐘期（幼果期），採枝條第二或第三片成熟葉（吊鐘期採結果枝）。

（8）番荔枝：五至六月中旬（二期果）及十二月上中旬（一期果），採非結果葉。

圖5.柑桔葉片採樣(第3葉)

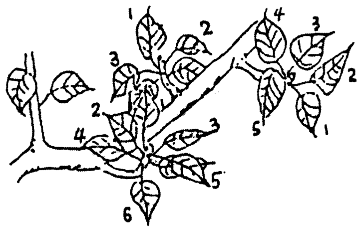


圖6.梨葉片採樣(第3葉)

(三)注意事項:

1.選定採樣的果樹，必須代表該果園。

2.同一果園，必須樹齡相近，品種相同。

3.果園邊緣的果樹不要採樣。

4.所採的葉片不能有損傷，或病蟲害，若有黃化或葉端燒灼應分別採樣。

5.葉片採集後要用溼布擦淨。

6.採完後須當天放入冰箱冷藏，隔天送農會烘乾。

表1. 各種果樹葉片要素適宜範圍暫定標準

元素 / 果樹	氮	磷	鉀	鈣	鎂	硼	銅	鐵	錳	鋅
	----%----					----ppm----				
柑桔類	椪柑及桶柑 3.0-3.2 或其他柳橙 2.9-3.1	0.12-0.18	1.40-1.70	2.5-4.5	0.26-0.50	25-150	5-16	60-120	25-200	25-100
葡萄	夏果2.1-2.6 冬果2.4-2.8	0.16-0.22	0.7-1.2 0.9-1.6	1.0-2.0 2.0-2.7	0.26-0.50	30-100	5-20	70-120	25-200	26-140
梨	2.0-2.6	0.12-0.14	1.2-2.0	2.3-3.0	0.25-0.50	21-150	10-20	35- 45	30-200	20- 90
枇杷	2.0-2.5	0.12-0.20	1.0-1.8	0.8-1.5	0.15-0.30					
楊桃	1.65-2.6	0.10-0.18	1.2-1.9	1.5-2.0	0.6-1.0					
芒果	1.4-1.7	0.10-0.15	0.9-1.2	1.0-1.8	0.20-0.35		5-20	60-120	30-200	20-100
蓮霧	1.26-1.50	0.10-0.12	1.15-1.45	1.6-2.0	0.16-0.20	30- 80		100-150	70-120	30- 50
番荔枝	一期2.4.-3.2 二期3.0-4.0	0.10-0.14 0.18-0.22	0.5-1.0 1.4-2.0	0.7-1.0 0.2-0.7	0.35-0.55 0.34-0.86		5-25	40-70	200-350	15-25

五、其他樣品：

（一） 灌溉水：

1. 使用乾淨之容器，如空的礦泉水保特瓶，果汁或汽水瓶需清洗

1. 乾淨。
2. 裝盛量約 500 ml。
3. 勿裝入異物與雜質。

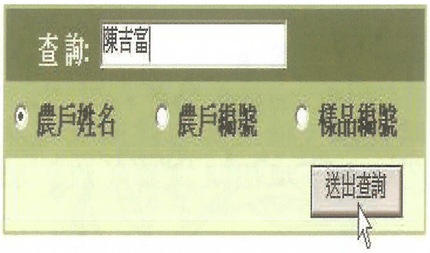
（二） 有機堆（液）肥：

1. 採樣時機：自製堆（液）肥、購買堆（液）肥未標明製造原料及成品成分，具充足理由合理懷疑該堆（液）肥造成農作物損失。
2. 採樣方法：採取同一批肥料，不同包裝的樣品至少四件，混合均勻後再取樣約 600 公克（液肥 500 ml）。
3. 以未受污染的容器裝盛後送檢。

作物營養診斷分析程序

研究室收取樣本包括土壤、堆肥、葉片或灌溉水，約 2 週可將分析分析結果解釋及施肥推薦表寄送各農友，本報告僅提供農民參考不具法律效力及作任何證明文件之用，若有疑問可電話洽詢 03-4768216 轉 330-335。

目前本場每年平均作物營養診斷服務件數超過 2,000 件，資料庫不斷擴充、累積，為避免資料於寄送過程中遺失及符合時代的趨勢，農民可透過網路查詢送檢樣品分析結果及施肥推薦，首先進入本場網站首頁(http：//tydais.coa.gov.tw/)，再點選「土壤診斷服務」，或直接鍵入網址(http：//163.29.13.126/soil/)，進入查詢系統。再選點左上角「送檢樣本查詢」按鈕即可進入查詢功能，查詢的方式有三種，包括輸入農戶姓名、農戶編號或樣本編號，即可列出過去分析的所有樣品資料及樣品種類，樣品依送件日期依序排列，並註明檢驗完成或檢驗中，完成的樣品可點選姓名欄位查詢分析報告，進一步點選最下方「列印」字樣，即可取得列印資料。



查詢: ○ 農戶姓名 ○ 農戶編號 ○ 樣品編號

陳吉富	水	2002-05-23	檢驗完成
陳吉富	土壤	2002-05-23	檢驗完成
陳吉富	液肥	2002-01-23	檢驗完成
陳吉富	堆肥	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	堆肥	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	土壤	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	土壤	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	土壤	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	土壤	2001-12-25	檢驗完成
陳吉富	液肥	2001-10-24	檢驗完成

作物營養診斷 - Microsoft Internet Explorer

行政院農委會桃園區農業改良場土壤肥力檢測室

農戶姓名: 陳吉富	農戶編號: 19	樣品編號: 2991
樣品種類: 土壤	樣品代號:	作物:
檢驗員: 吳秋芬	經辦人: 王斐能	負責人: 羅秋雄
送件日期: 2002-05-23	寄件日期: 2002-05-31	服務電話：03-4768216轉335

檢測項目	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5)(mS/cm)	有機質 (%)	磷酐 (公斤/公頃)	氧化鉀 (公斤/公頃)	氧化鈣 (公斤/公頃)
檢測值	7.0	0.36	5.4	720	451	12745
參考值	5.5 - 6.8	< 0.6	> 3.0	60 - 290	90 - 300	2000 - 4000
檢測項目	氧化鎂 (公斤/公頃)	銅 (ppm)	鋅 (ppm)	鎘 (ppm)	鎳 (ppm)	鉻 (ppm)
檢測值	667	2.4	20	0.27	0.26	0.84
參考值	200 - 400	< 20	< 25	< 0.4	< 10	< 10
檢測項目	鉛 (ppm)					
檢測值	5.77					
參考值	< 15					

建議： 弱鹼性，不宜施用石灰資材及鹼性肥料。磷肥過高，減量1/2以上。鉀肥偏高，酌量減少。鈣肥偏高，減少投入。鎂肥偏高，減少投入。注意鋅接近高標準。

備註1. nd表示分析值極低。
備註2. 本資料僅供施肥參考，不作任何證明文件。

本省土壤常發生的問題

一、 土壤化學性

1. 土壤酸鹼度：大多的作物其適宜的酸鹼度為 6.0，如果土壤太酸(pH<5.5)或太鹼(pH>7.5)，均對作物生長造成不良的影響，包括(1)磷被鐵、鋁產生難溶磷酸鐵及磷酸鋁結合，降低其有效性(2)作物根系生長受阻，降低水分及養分的吸收(3)溶出過量鐵、鋁、錳造成毒害(4)有機質礦化作用受阻，減少養分的釋出(5)鉬溶解低，造成參與的氮素同化作用受阻，其主要原因，包括施用過量的化學酸性肥料、酸雨、雨水大量淋洗或植物吸收大量陽離子。改善對策：一般以農用石灰(苦土石灰、白雲石粉、爐渣、蚵殼粉等)，視土壤酸化程度及石灰粒徑分布(細度)、中和力(表1)，於作物收穫後與下作栽種前施用 1-2 噸/公頃，並將其犁入土中充分混合，不可一次施用過量，以免造成微量元素缺乏。

表 1.農用石灰中和力

資 材	主要化學成分	鹼度	酸性中和力
石灰石粉	$CaCO_3$	56	100
消石灰	$Ca(OH)_2$	76	136
生石灰	CaO	100	179
苦土石灰	$CaMg(CO_3)_2$	53-59	109
矽酸爐渣	$CaSiO_3$	34-45	60-80
石灰爐渣	$CaSiO_3$	36-48	65-85
蚵殼粉	$CaCO_3$	51	92
蟹殼粉	$CaCO_3$	21-26	38-45

使用石灰資材注意事項：

(一)施用量：

寧可少量多次施用，逐步改良土壤，勿一次施用過量石灰。

石灰用量參考：pH 5.5 ~ pH 5.0： 40 ~ 80 公斤/每分地

pH 5.0 ~ pH 4.5： 80 ~ 120 公斤/每分地

pH 4.5 ~ pH 4.0：120 ~ 160 公斤/每分地

(二)施用方法：

避免與其他肥料同時施用，種植前撒施於土壤表層，再以中耕機翻土充分混合均勻，灑水使土壤保持濕潤，利於土壤 pH 值平衡，平衡時間約二週以上再進行施肥及種植等工作。

2. 土壤有機質缺乏：多雨高溫高濕的環境，使土壤有機質分解快速，造成作物產量降低，故施用有機質肥料或種植綠肥對土壤的功效如下所述，(1)改善土壤團粒構造，使土壤鬆軟，促進其通氣、排水及保水能力(2)釋出植物所需之養分(3)增加土壤緩衝能力(4)吸附及交換植物所需的養分(5)提供土壤有益微生物的活動(6)顏色深黑有助於吸熱。

3. 土壤養分不均衡：不均衡或過量施用化學肥料，造成土壤鹽類累積，或元素間發生拮抗作用，引起元素吸收障礙及植體內代謝等問題，使植物生長不良，例如氮肥施用過多，植物徒長，枝葉茂盛，易遭病蟲為害，不易開花結果，造成產量降低；磷肥過多，生長變慢，造成微量元素缺乏；鉀肥過量時，造成鈣、鎂肥的缺乏。解決的方法，(1)了解作物及耕地土壤的特性，予以合理的施肥(2)配合不同輪作系統，再以合理化施肥(3)拮抗所引起的元素缺乏，減少不當的施肥，並適時補充缺乏的元素，例如鉀過多，即減少鉀肥的施用，增加鎂肥的施用。

4. 鹽類累積：長期不當的施用過多的化學肥料，或引用污染的灌溉水，均會造成鹽害，尤其是設施栽培最為嚴重，一般土壤 EC 值適用範圍(表 1)及各種作物對鹽類敏感度亦不同，當土壤鹽害發生其解決的方法(1)以水旱田輪作方式，洗除多餘的鹽類(2)種植耐鹽性強的作物(3)施用有機質肥料，增加鹽類溶解，並增加土壤透氣性及滲水性(4)客土來稀釋鹽類累積及重金屬的問題(5)將鹽類聚集的表土鏟除，再適量的補充肥料(6)降低地下水位及改善排水狀況可減少土面蒸散及鹽類聚積(7)種植蔓性覆蓋作物，減少地表水分蒸散，進而降低鹽分上昇(8)沿海地區築防坡堤及防風林，以阻絕鹽類進入。

表 2. 土壤電導度分級

電導度等級	水飽和土壤	土水比（1:2）	土水比（1:5）	說　明
Ⅰ	0~1	0~0.25	0~0.10	肥力偏低
Ⅱ	1~2	0.26~0.50	0.11~0.25	肥力略低
Ⅲ	2~4	0.51~1.25	0.26~0.60	適合作物生長
Ⅳ	4~8	1.26~1.75	0.61~0.80	肥力略高
Ⅴ	8~16	1.76~2.00	0.81~1.00	肥力偏高
Ⅵ	>16	>2.00	>1.00	作物易受害

5. 重金屬污染：重金屬在土壤中不易移動及分解，一旦遭到污染則不易復原，影響微生物活動及養分吸收，如植物吸收過多，藉由食物鏈對人體有害，其來源為肥料、農藥及有機廢棄物(1)施用石灰資材，使土壤 pH 為中性，以降低重金屬有效性(2)施用有機質以增加土壤的吸附(3)利用客土或翻土以降低重金屬含量(4)污染地種植非食用性的植物。

二、土壤物理性

1. 表土流失：主要發生在山坡的果園，因未以草生或覆蓋栽培，不僅造成優良表土流失，致使肥料的浪費，更會使水庫及河川污染或泥沙積，所以果園應以草生栽培為最佳，將草砍割後覆蓋或犁入土壤，不僅可增加土壤有機質含量，又可使土壤變鬆，提高其保肥效果。
2. 排水不良及土壤壓實：土壤主要由砂粒、坋粒及黏粒構成，理想狀況由50%固體(45%礦物質及 5%有機質)，50%孔隙(25%氣體及 25%液體)所構成，當土壤受到壓實，易造成下列情形(1)根系伸展及水分、空氣流通受阻(2)水分滲透速率降低。改善方式(1)深耕方式以打破壓實層，並增加土壤滲水性，但低窪地區不宜使用此法(2)可藉由明溝或暗管排水(3)施用有機質，降低土壤壓實現象(4)可採取高畦栽培(5)施用石灰資材，增加土壤絮聚以減輕耕耘所造成的壓實(6)藉由蚯蚓的鑽動，使土壤疏鬆增加土壤通透性(7)避免重型農機過度壓實。
3. 土壤構造不良：因長期使用重型農業機械，造成土壤過度壓實，使團粒

構造不良，故可增施有機質肥料及石灰質材料，配合深耕，處理以改善土壤構造不良。土壤太砂則保水性及保肥力差，太粘則土壤孔隙度低，濕時如泥漿，乾時如石頭，可施用有機質改善之。

三、土壤生物性

1. 固氮微生物：植物不能直接利用氮氣，氮素佔空氣 80%，固氮菌與作物的關係共有(1)豆科與赤揚形成共生固氮菌(根瘤菌、共生藍綠藻)(2)非共生游離固氮菌(螺旋藻)(3)協同共生(禾本科)。
2. 菌根真菌：包括內生、外生及內外生三種，可增加根系對養分的吸收，一般以內生菌根菌最多(叢枝體內最受重視)。
3. 溶磷菌：施用於土壤中的化學磷肥，易與土壤中的陽離子結合為難溶的磷化合物(鹼性土壤：磷酸鈣，酸性土壤：磷酸鐵、鋁)且磷肥移動性慢，易在土壤中累積，故施用溶磷微生物，可溶解土壤中不易溶解的磷化合物，不同菌種間的差異極大，溶解鈣磷未必可溶解鐵磷。

附表1. 各種肥料之要素含量及價格

化學肥料	氮 磷酐 氧化鉀 -----%-------	價格 (元/包)	有基基肥及 石灰資材	氮 磷酐 氧化鉀 氧化鈣 氧化鎂 ---------------%-------------	價格 (元/包)
硫酸銨	21- 0- 0	184	東鹼地球牌改良肥	0- 0- 0- 56	72/40公斤
尿素	46- 0- 0	144	鈣鎂肥	0- 0- 0- 30- 5	
硝酸錏鈣	20- 0- 0	221	碳酸鈣	0- 0- 0- 42- 7.5	
硝酸銨	33- 0- 0	203	苦土石灰	0- 0- 0- 40- 8	
過磷酸鈣	0- 18- 0	粉136、粒148	消石灰	0- 0- 0- 40- 0	
磷丹	3- 18- 0		矽酸爐渣	0- 0- 0- 35- 6	72/40公斤
磷酸一銨	10- 50- 0	450	石灰爐渣	0- 0- 0- 45- 6	
硫酸鉀	0- 0- 50		蚵殼粉	0.1-0.6- 0.4- 26.5- 14	110/50公斤
氯化鉀	0- 0- 60	192	鎂利肥	0- 3- 0- 0- 4.5	180/25公斤
硝酸鉀	0- 0- 33		蒸製骨粉	4- 20- 0- 18- 0.5	
硝酸鉀			草木灰	0- 2- 7- 0- 0	
台肥1號	20- 5- 10	264	菸草灰	0- 3- 23- 22- 6	
台肥2號	11- 9- 18	256	木灰	0- 2- 5- 33- 3.5	
台肥4號	11- 5.5- 22	248	氧化鎂	0- 0- 0- 0- 40	
台肥5號	16- 8- 12	260	硫酸鎂	0- 0- 0- 0- 11	
台肥7號	9- 18- 27	1790(1ton)	胡麻粕	6- 3- 1.5	200/40公斤
台肥36號	7- 21- 21	1874(1ton)	花生粕	5.2-1.3- 1.1	
台肥39號	12- 18- 12	331	棉子粕	5.5-2.5- 1.6	
台肥42號	22- 5- 5	5900(1ton)	菜子粕	4.9-2.3- 1.1	180/40公斤
台肥43號	15- 15- 15-4(氧化鎂)	399	蓖麻粕	5.4-2.2- 1.5	
台肥44號	10- 16- 16	1874	大豆粕	7- 1.5- 2.3	120/40公斤
台肥寶效1號	18- 0- 18	5800	大豆粉	7- 1.5- 2.5	
台肥寶效2號	21- 0- 14	5800	雞糞	3- 3- 1.5	
台肥液肥1號	12- 6- 6	300(25kg)	豬糞	0.7-0.4- 0.4	
台肥液肥4號	6- 12- 6	310	牛糞	0.6-0.2- 0.45	
台肥液肥5號	4.5- 9- 8	250(25kg)	米糠	2- 4.4- 1.5	180/40公斤
台肥即溶1號	26- 13- 13	280(10kg)	稻草	0.6-0.1- 0.9	
台肥即溶4號	14- 28- 14		一般堆肥	0.6-0.3- 0.6	90/30公斤
台肥即溶5號	10- 20- 20		和素有機肥	3.2-2.5- 2.7	140/25公斤
台肥特1號	11- 11- 11	220(20kg)	慈培樹皮	0.7-0.6- 0.8- 2.3- 0.5	150/30公斤
獅馬鈣大肥	26- 0- 0	750(30kg)	羽毛牌	2.4-1.5- 1.5	180/40公斤
獅馬美果肥	13- 13- 21	700(30kg)	台茂有機肥	1.1-4- 2.4	
獅馬生長肥	20- 10- 10	600(30kg)	白肥	14.5-0- 0	450/25公斤
獅馬藍肥	12- 12- 17-2(氧化鎂)	500(30kg)	向陽熔磷	3- 18- 0	450/20公斤
獅馬紫肥	15- 5- 20-2(氧化鎂)		世發有機肥	1.6-1.2- 1.2	
興農勇壯550	15- 15- 10	900(20kg)	保佳有機肥	7-5- 5- 0	
興農勇壯470	14- 17- 12		木漿有機肥	1-1- 1- 0- 2	
興農勇壯226	12- 12- 16		中興有機肥	2-2-1.4- 6.4- 0.6	120/25公斤
興農勇壯錦2號	10- 7- 8		長壽有機肥	1-1- 1- 0	110/20公斤
興農勇壯特8號	8- 8- 8		松茂有基肥	1-4-2.4- 0	160/30公斤
興農勇壯0603	0- 16- 0	500(10kg)	再生有機肥	3.2-2.5- 2.6	130/25公斤
銀星2號	16- 11- 14	450(20kg)	台肥有機1號	3.2-2.5- 2.7	
花寶	20- 20- 20	375(1kg)	台肥特1號有機複肥	11- 11- 11	
氰氮化鈣	20- 0- 0	600(20kg)	台肥有機2號	4- 4- 4- 1	